

**19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

Offenlegungsschrift
DE 44 20 417 A 1

(51) Int. Cl.⁵:
G 03 F 1/08
 G 03 F 1/14
 // H01L 21/308

(21) Aktenzeichen: P 44 20 417.5
 (22) Anmeldetag: 10. 6. 94
 (43) Offenlegungstag: 15. 12. 94

DE 44 20 417 A1

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)
 10.06.93 KR 93-10486

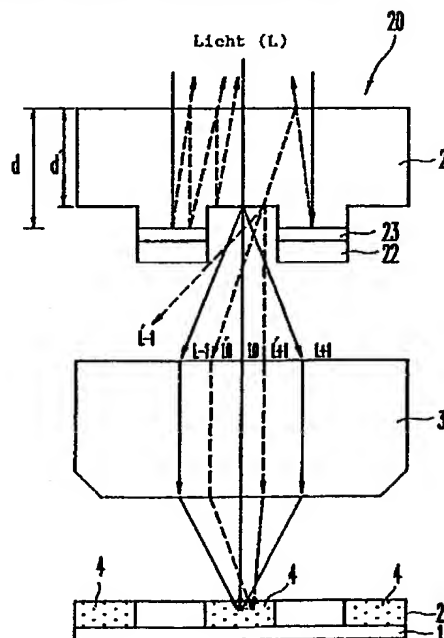
71) Anmelder:
Hyundai Electronics Industries Co., Ltd., Ichon,
Kyonggi, KR

74) Vertreter:
Schmidt, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., 80803 München;
Müller, B., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte,
82229 Seefeld

⑫ Erfinder:
Bae, Sang Man, Seoul/Soul, KR

54 Verfahren zur Herstellung einer Maske zur Erzeugung eines Musters auf einem Halbleiterbauelement

(57) Es wird ein Verfahren zur Herstellung einer Maske zur Erzeugung eines Musters auf einem Halbleiterbauelement beschrieben. Material mit hohem Reflexionsvermögen wird zwischen einem Quarzsubstrat und einer gemusterten Chromschicht bereitgestellt. Die Dicke des Quarzsubstrats wird im Hinblick auf den Effekt der stehenden Wellen so festgelegt, daß die Energie des an der gemusterten Chromschicht reflektierten Lichts und des an der Quarzsubstrats-Basisgrenzfläche erneut reflektierten Lichts ausgenutzt wird, um bei der Erzeugung eines Bilds auf einem Wafer den Anteil an direktem, nicht-reflektiertem Licht zu erhöhen. Demgemäß wird die Lichtenergie, die durch Lücken zwischen benachbarten Bereichen der Chromschicht auf der Maske hindurchtritt, während der Bildung eines Mikromusters auf dem Wafer erhöht. Infolgedessen ergibt sich eine Verringerung der Belichtungszeit und eine Erhöhung der Brennpunktiefe.



DE 44 20 417 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 10. 94 408 050/454

7/34

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Maske zur Erzeugung eines Musters auf einem Halbleiterbauelement, wobei das Muster zur Verwendung in einem optischen lithographischen Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements dient. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer Maske zur Erzeugung eines Musters auf einem Halbleiterbauelement, wobei die Belichtungsenergie während der Bildung eines Mikromusters auf einem Wafer erhöht wird.

Im allgemeinen wird zur Bildung eines Musters auf einem Wafer ein Stepper verwendet. Eine herkömmliche Maske wird im Stepper verwendet. Ein Muster wird eng an der Maske zur Erzeugung eines Mikromusters gebildet. Typischerweise ergibt sich bei diesem Verfahren, daß Lichtenergie aus der Stepper-Lichtquelle nicht in ausreichender Weise durch die Maske auf den Photoresist auf dem Wafer durchgelassen wird.

Mit anderen Worten, die Transmission von Lichtenergie durch ein auf der Maske erzeugtes Bildmuster auf den Photoresist auf dem Wafer wird durch Lichtablenkungs- und Lichteinfang-Erscheinungen, die durch das Muster auf der Maske verursacht werden, behindert. Um diese Schwierigkeit zu beseitigen, muß die Belichtungsenergie erhöht werden.

Fig. 1 zeigt eine Querschnittansicht des Steppers zur Erläuterung des Belichtungsverfahrens unter Verwendung einer herkömmlichen Maske. Wie in Fig. 1 gezeigt, wird ein Photoresist 2 auf dem Wafer 1 gebildet. Um einen Bereich 4 auf dem Photoresist 2 zu belichten, wird eine Maske 10, auf der ein Chrommuster 12 unter einem Quarzsubstrat 11 ausgebildet ist, belichtet. Eine Objektlinse 3 wird über den Photoresist 2 angeordnet.

Die Lichteinfang-Erscheinung (in Fig. 1 durch eine gestrichelte Linie wiedergegeben) bewirkt, daß aus der Stepper-Lichtquelle (nicht abgebildet) ausgestrahltes Licht aufgrund einer Reflexion am Chrommuster verschwindet. Abgelenktes Licht und Licht, das an den Bereichen des Quarzsubstrats 11 zwischen den Chromschichtformationen durchgetreten ist, wird aufgespalten in durchgelassenes Licht 0. Ordnung (L_0), durchgelassenes Licht positiver 1. Ordnung ($L+1$) und durchgelassenes Licht negativer 1. Ordnung ($L-1$). Das durchgelassene Licht (L_0 , $L+1$ und $L-1$) gelangt durch die Objektlinse 3 auf den Photoresist 2. Dadurch entsteht auf dem Photoresist 2 ein belichteter Bereich 4. Das durchgelassene Licht (L_0 , $L+1$ und $L-1$) beeinträchtigt die flächige Abbildungsintensität, wodurch nicht nur das Auflösungsvermögen sondern auch die Brennpunktiefe abnehmen.

Andererseits ist das Auflösungsvermögen um so besser, je geringer die Intensität des durchgelassenen Lichts der positiven 1. Ordnung und des durchgelassenen Lichts der negativen 1. Ordnung im Vergleich zum durchgelassenen Licht der 0. Ordnung ist.

Aufgabe der Erfindung ist es, die vorerwähnten Schwierigkeiten zu überwinden. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Abscheidung von Materialien mit hoher Reflexionsintensität zwischen dem Quarzsubstrat und dem Chrommuster bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Bestimmung der geeigneten Dicke des Quarzsubstrats im Hinblick auf den Effekt der stehenden Wellen bereitzustellen.

Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung einer Maske zur Erzeugung eines Musters auf

einem Halbleiterbauelement, das folgende Stufen umfaßt:

sequentielles Ausbilden einer reflektierenden Schicht und einer Chromschicht auf einem Quarzsubstrat;
5 Abscheiden eines Photoresists auf der Chromschicht und Bemustern des Photoresists;

Ätzen der Chromschicht und der reflektierenden Schicht in Entsprechung zum Muster auf dem Photoresist; und

10 Ätzen eines belichteten Bereichs des Quarzsubstrats und Entfernen des Photoresists.

Nachstehend wird die Erfindung anhand der beigelegten Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Querschnitt eines Steppers zur Erläuterung eines Belichtungsverfahrens unter Verwendung einer herkömmlichen Maske;

Fig. 2A bis Fig. 2D Querschnittansichten zur Erläuterung der Stufen bei der erfindungsgemäßen Herstellung einer Maske zur Erzeugung eines Musters auf einem Halbleiterbauelement

20 Fig. 3A und Fig. 3B Querschnittansichten zur Darstellung der Intensität des reflektierten Lichts im Verhältnis zum einfallenden Licht in Abhängigkeit von der Dicke eines Quarzsubstrats;

Fig. 4 einen Graphen zur Erläuterung der Intensität des reflektierten Lichts in Abhängigkeit von der Dicke des Quarzsubstrats; und

Fig. 5 eine Querschnittansicht des Steppers zur Erläuterung eines Belichtungsverfahrens unter Verwendung der erfindungsgemäßen Maske.

Gemäß Fig. 2A werden eine reflektierende Schicht 23 und eine Chromschicht 22 nacheinander auf einem Quarzsubstrat 21 gebildet. Die reflektierende Schicht 23 wird beispielsweise durch Aufbringen einer dünnen Aluminiumschicht oder eines Silberfilms mit hohem Reflexionsvermögen erzeugt.

Gemäß Fig. 2B wird ein Photoresist 24 auf der Chromschicht 22 gebildet. Anschließend wird der Photoresist 24 in der gewünschten Breite bemustert.

Fig. 2C erläutert die Stufe, bei der die Chromschicht 22 und die reflektierende Schicht 23 entsprechend dem Muster des Photoresists 24 einem Ätzzvorgang unterzogen werden.

Gemäß Fig. 2D wird ein Bereich des Quarzsubstrats 21 entsprechend dem Ätzmuster der Chromschicht 22 und der reflektierenden Schicht 23 in einer gewünschten Tiefe freigelegt. Der Photoresist 24 wird sodann nach einem herkömmlichen Verfahren entfernt, wodurch man eine erfindungsgemäße Maske erhält. Der freiliegende Bereich des Quarzsubstrats 21 wird unter Berücksichtigung des Effekts der stehenden Wellen in einer gewünschten Tiefe geätzt.

Es wird darauf hingewiesen, daß bei dem in Verbindung mit Fig. 2A bis Fig. 2D beschriebenen Verfahren die reflektierende Schicht 23 zwischen dem Quarzsubstrat 21 und der Chromschicht 22 ausgebildet wird.

Ferner ist es wichtig, die Dicke des Quarzsubstrats 21 festzulegen, d. h. es ist wichtig, daß die gesamte Dicke "d" des Quarzsubstrats 21 und die geringere Dicke "d'", die sich vom Boden des Quarzsubstrats 21 bis zu einem geätzten Bereich des Quarzsubstrats 21 erstreckt, festgelegt werden.

Bei Festlegung der gesamten Dicke "d" und der Dicke "d'" ergibt sich die Ätztiefe des freigelegten Bereichs des Quarzsubstrats 21 gemäß Fig. 2 durch den Ausdruck "d-d'".

Fig. 3A, 3B und 4 erläutern die Festlegung der Dicke des Quarzsubstrats.

Fig. 3A und 3B zeigen Querschnittsansichten zur Erläuterung der Intensität des reflektierten Lichts im Verhältnis zum einfallenden Licht in Abhängigkeit von der Dicke des Quarzsubstrats. Fig. 4 zeigt einen Graphen zur Erläuterung der Intensität des reflektierten Lichts in Abhängigkeit von der Dicke des Quarzsubstrats.

Die Definition der Dicke "d" des Quarzsubstrats wird nunmehr unter Bezugnahme auf Fig. 3A erläutert. Wenn Licht aus der Stepper-Lichtquelle auf das Quarzsubstrat 21 trifft, muß die Beziehung zwischen der Wellenlänge des an der Grenzfläche 30 des Quarzsubstrats 21 mit der reflektierenden Schicht 23 reflektierten Lichts und der Dicke des Quarzsubstrats 21 die folgende Bedingung erfüllen:

$$d \sin \Theta = 1/4 \cdot (2n-1) \cdot \lambda \dots (1)$$

wobei d die Dicke des Quarzsubstrats zwischen der reflektierenden Schicht und der äußeren Grenzfläche des Quarzsubstrats bedeutet; Θ den Winkel der Reflexion des reflektierten Lichts bedeutet; und n eine positive Zahl ist.

Die Definition der Dicke "d" des Quarzsubstrats wird nachstehend unter Bezugnahme auf Fig. 3B erläutert.

Wenn Licht aus der Stepper-Lichtquelle auf das Quarzsubstrat 21 gelangt, muß die Beziehung zwischen der Wellenlänge des an der Grenzfläche 30 reflektierten Lichts und der Dicke des Quarzsubstrats 21 die folgende Bedingung erfüllen:

$$d' \sin \Theta = 1/4 \cdot (2n-1) \cdot \lambda \dots (2)$$

worin Θ den Reflexionswinkel des reflektierten Lichts bedeutet; d' die Dicke des Quarzsubstrats an Lücken zwischen benachbarten Bereichen der reflektierenden Schicht bedeutet; und n eine positive Zahl ist.

Somit variiert, wie in Fig. 4 gezeigt, die Intensität Lichtreflexion in Abhängigkeit von der Dicke des Quarzsubstrats. Das Quarzsubstrat muß daher so beschaffen sein, daß die Intensität der Lichtreflexion bei der Dicke "d" ein Maximum erreicht (der Peak in Fig. 4) und eine minimale Intensität der Lichtreflexion bei der Dicke "d'" erzielt wird (Minimum in Fig. 4).

Fig. 5 zeigt eine Querschnittsansicht des Steppers zur Erläuterung des Belichtungsverfahrens unter Verwendung der erfindungsgemäßen Maske.

Fig. 5 zeigt die erfindungsgemäß erzielte erhöhte Belichtungsenergie von nicht-reflektiertem Licht, das während der Bildung des Mikromusters auf dem Wafer 1 durch das Maskenmuster hindurchtritt.

Das durch die Lücken zwischen den reflektierenden Schichten durchtretende Licht (L) wird in durchgelassenes Licht 0. Ordnung (L0), durchgelassenes Licht positiver 1. Ordnung (L+1) und durchgelassenes Licht negativer 1. Ordnung (L-1) zerlegt. Anschließend durchläuft es die Objektlinse 3 und belichtet einen Bereich 4 des Photoresists 2.

Das Licht (L) unterliegt ferner einer Reflexion an der reflektierenden Schicht 23. Ein Teil des an der reflektierenden Schicht 23 reflektierten Lichts verschwindet aus dem Quarzsubstrat 21. Jedoch wird ein großer Teil des an der reflektierenden Schicht 23 reflektierten Lichts am äußeren Rand des Quarzsubstrats 21 erneut durch den Effekt der stehenden Wellen reflektiert, und zwar zurück zur geätzten Oberfläche der Maske 20. Das derartig erneut reflektierte Licht wird sodann durch eine Lücke zwischen benachbarten Bereichen der reflektierenden Schicht 23 durchgelassen und zusätzlich in

durchgelassenes Licht 0. Ordnung (L'0), durchgelassenes Licht positiver 1. Ordnung (L'+1) und durchgelassenes Licht negativer 1. Ordnung (L'-1) zerlegt (in Fig. 5 durch gestrichelte Linien dargestellt). Infolgedessen wird ein Bereich des Photoresists 2 auch mit Licht (L'0, L'+1 und L'-1) nach Durchgang durch die Objektlinse 3 belichtet. Somit wird das vom Chrommuster eingefangene und reflektierte Licht dazu gebracht, durch die chromlosen Lücken zu treten, was zu einer erhöhten Belichtungsenergie des durch derartige Lücken, die durch Ätzen der Maske erzeugt worden sind, durchgelassenen Lichts führt.

Die Dicke des Quarzsubstrats in den Lückenbereichen zwischen benachbarten Bereichen der Chrommusterschicht ist so beschaffen, daß der Effekt der stehenden Wellen ein Minimum erreicht, während die Dicke der Bereiche des Quarzsubstrats, auf dem das Chrommuster gebildet ist, so beschaffen ist, daß der Effekt der stehenden Wellen ein Maximum erreicht.

Wie vorstehend beschrieben, werden erfindungsgemäß Materialien mit einer hohen Intensität des Lichtreflexionsvermögens zwischen dem Quarzsubstrat und dem Chrommuster gebildet. Ferner wird die Dicke des Quarzsubstrats im Hinblick auf den Effekt der stehenden Wellen so festgelegt, daß die von der bemusterten Chromschicht reflektierte Energie zur Erzeugung des Bilds auf dem Wafer ausgenutzt wird. Außerdem wird die Dicke des Quarzsubstrats unter Berücksichtigung des Effekts der stehenden Wellen festgelegt. Dabei wird die Belichtungsenergie des durch den weggeätzten Bereich der gemusterten Maske durchgelassenen Lichts bei der Bildung eines Mikromusters auf dem Wafer erhöht. Infolgedessen verringert sich die Belichtungszeit und die Brennpunktiefe nimmt zu.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Maske zur Erzeugung eines Musters auf einem Halbleiterbauelement, gekennzeichnet durch folgende Stufen: sequentielles Ausbilden einer reflektierenden Schicht und einer Chromschicht auf einem Quarzsubstrat; Abscheiden eines Photoresists auf der Chromschicht und Bemustern des Photoresists; Ätzen der Chromschicht und der reflektierenden Schicht in Entsprechung zum Muster auf dem Photoresist; und Ätzen eines belichteten Bereichs des Quarzsubstrats und Entfernen des Photoresists.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierende Schicht aus Aluminium gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die reflektierende Schicht aus Silber gebildet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Dicke des Quarzsubstrats zwischen der reflektierenden Schicht und der äußeren Grenzfläche des Quarzsubstrats entsprechend folgender Gleichung festgelegt wird:

$$d \sin \Theta = 1/4 \cdot (2n-1) \cdot \lambda$$

wobei d die Dicke des Quarzsubstrats zwischen der reflektierenden Schicht und der äußeren Grenzfläche des Quarzsubstrats bedeutet; Θ den Reflexionswinkel des reflektierten Lichts bedeutet;

und n eine positive Zahl ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Dicke des Quarzsubstrats an Lücken zwischen benachbarten Bereichen der reflektierenden Schicht zur Transmission von Licht gemäß folgender Gleichung festgelegt wird:

$$d' \sin \Theta = 1/4 \cdot (2n) \cdot \lambda$$

wobei d' die Dicke des Quarzsubstrats an Lücken zwischen benachbarten Bereichen der reflektierenden Schicht bedeutet; Θ den Reflexionswinkel des reflektierten Lichts bedeutet; und n eine positive Zahl ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

X

Fig. 5

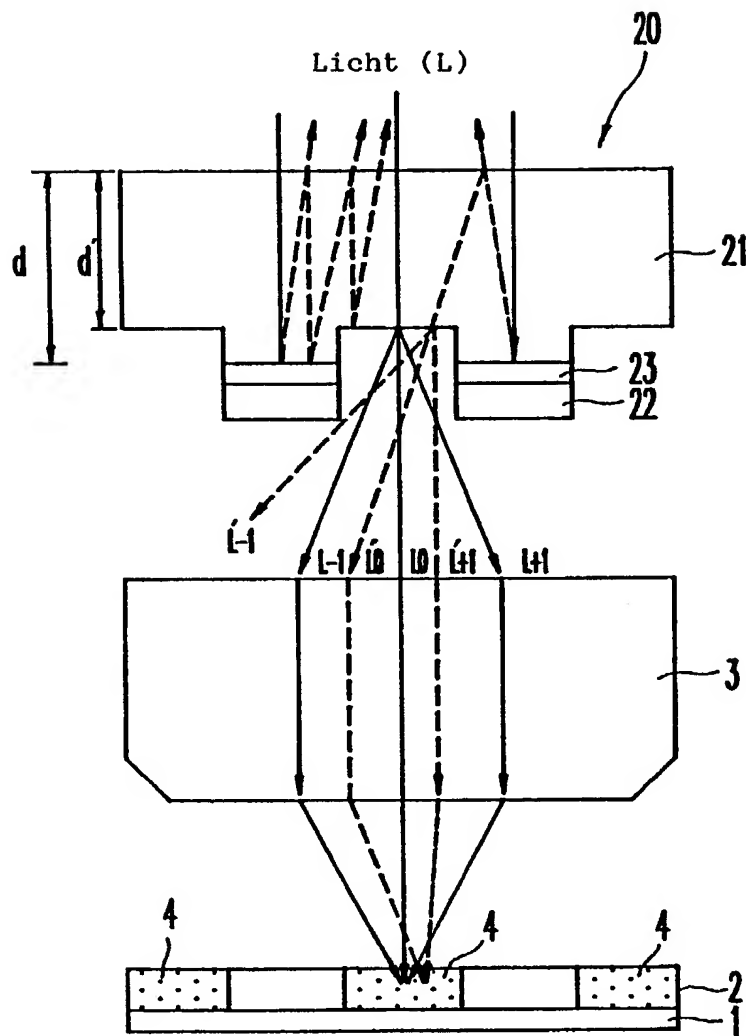


Fig. 1

(Stand der Technik)

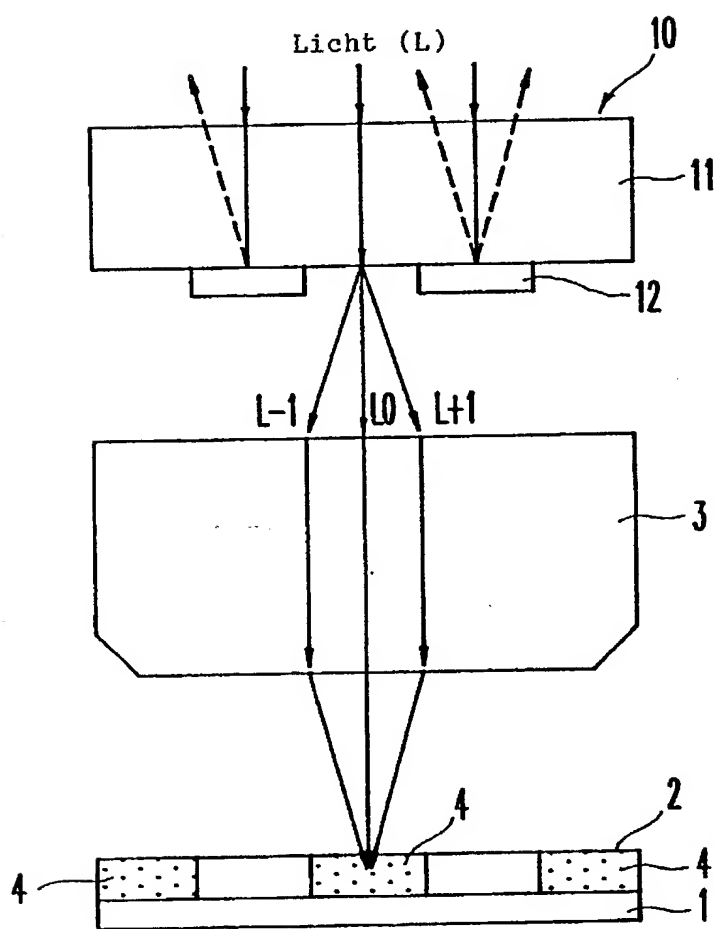


Fig. 2A

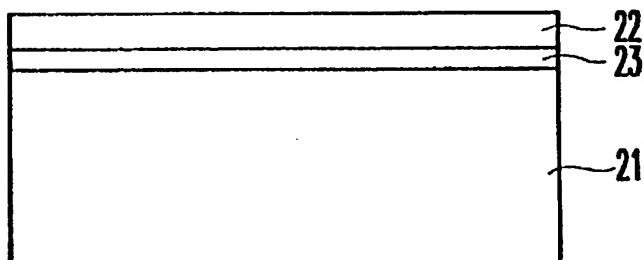


Fig. 2B

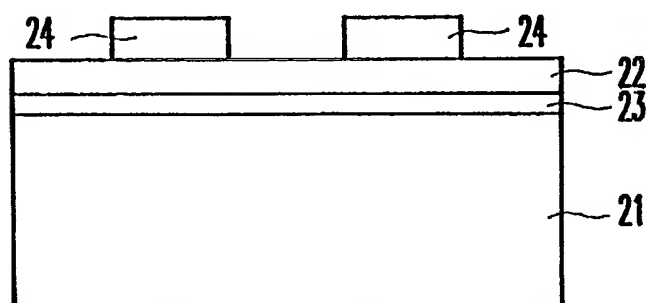


Fig. 2C

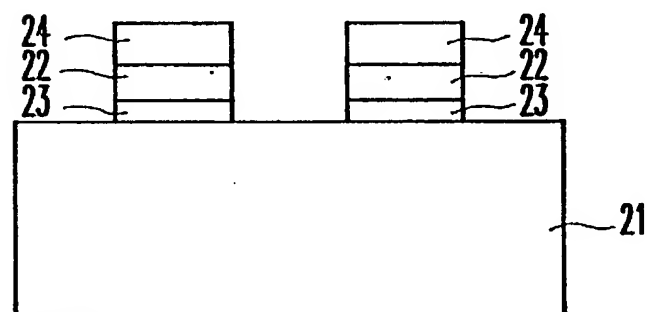


Fig. 2D

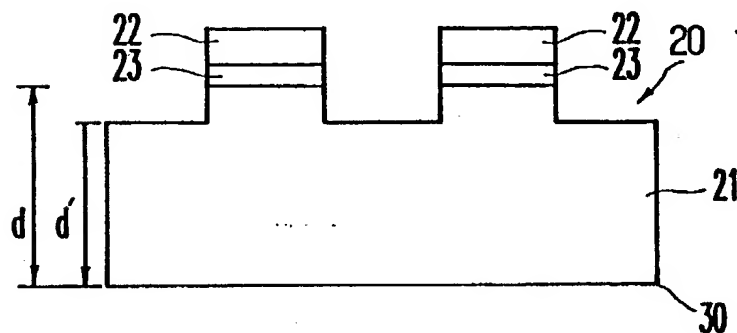


Fig. 3A

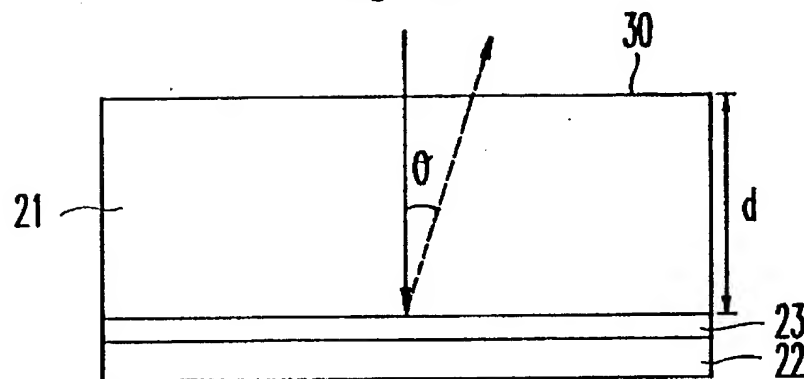


Fig. 3B

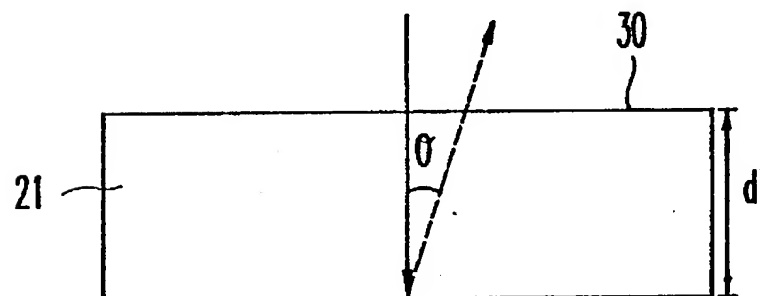


Fig. 4

